

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19500068
 研究課題名（和文） 位置依存で非均質な組込み機器協調のためのネットワークプラットフォームの構築
 研究課題名（英文） Development of Network Platform for Embedded Device Cooperation

研究代表者
 佐藤 健哉（SATO KENYA）
 同志社大学・理工学部情報システムデザイン学科・准教授
 研究者番号：20388044

研究成果の概要：世界中に点在する組込み機器（家電や自動車など）が、それぞれの機器の資源と情報を協調させて有効に利用するためのネットワークに関するプラットフォームの構築を行った。これにより、家庭や自動車内のローカルネットワークに接続された動画や音声などのデータを、利用者の認証を行い、セキュリティを考慮しながら、インターネット経由で遠隔地にある他の複数のローカルネットワークから検索し同時に視聴が可能となった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：ネットワークアーキテクチャ、組み込みシステム、プロトコル、組み込みソフトウェア、マルチメディア

1. 研究開始当初の背景

一般に、家電製品や自動車などの組込み機器は、均質的な特徴を持つPCアーキテクチャと異なり、特殊用途に開発され、それぞれの機能が全く異なる計算資源であり、加えて実用される状況において特徴的な情報を持つ場合が多い。たとえば、家電製品であるDVDレコーダは動画像のMPEG2エンコード、デコード機能をハードウェアとして実現する。パソコンのソフトウェアを用いてもエンコード、デコードの実現は可能であるが、汎用的に開発された非常に高価なプロセッサで実現するより、相対的に安価な資源を効率よく利用可能となる。一方で、たとえば、

A地点に設置された監視カメラや、B地点を特定方向に走行する自動車、C地点のたとえば自宅にある電灯、D地点に置かれたディスプレイなどを考えた場合、これらは機能的には一般的な機器ではあるが、設置されている位置や状況といった特徴を持つ。すなわち、その機器でしか得られない情報、その機器でしか提供できない情報など、その特定機器でないと果たせない役割が存在する。このように、特徴的な資質を持つ組込み機器を有効利用するためのネットワークのプラットフォームを構築することで、新しいユビキタスネットワークにおける様々なアプリケーションを実現するための環境を整えることが可能となる。

これまでの研究において、家電機器や自動車、高度交通システム(ITS)などの組込み関連機器に利用されるネットワークの研究開発を行ってきた。たとえば、図1に示すように、各メーカー独自の仕様を持つ車載ネットワークに対して、ナビゲーションシステムやマルチメディア機器、テレマティクス装置を接続するためのネットワークアーキテクチャ、通信プロトコル、および、ITSでの応用を目指した外部からソフトウェアをダウンロードして動作させるプラットフォームの研究開発を行ってきた。

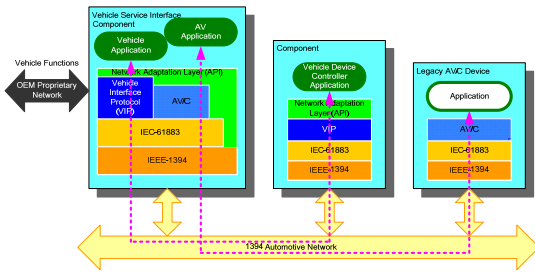


図1：車載マルチメディア情報ネットワーク

このような経緯を経て、より高い汎用性を目指し、家電機器を含めた組込み機器のためのネットワークアーキテクチャ構築を考えるに至った。一方、世界中に分散して配置されているスーパーコンピュータやPCクラスタなどのハイエンドは計算資源を、仮想的に統合し有効利用するグリッドコンピューティングに関する技術に関する取り組みも行ってきた。その中でも、特に、計算資源を動的に高速切替えるためのシステムアーキテクチャの研究をおこなってきた。現在、グリッドコンピューティング技術は、これらのハイエンド計算機を結び、科学技術計算分野において普及し始めている。

すなわち、異機種組込み機器を統合するネットワーク技術、および、世界的なハイエンド計算リソースを協調利用するグリッドコンピューティング技術を利用し、世界中に点在する組込み機器に対して、その機器が独自に提供可能な処理能力と独自情報などの特徴的な資質を活かし、それぞれの機器の資源と情報を協調させて有効に利用するためのネットワークプラットフォームが求められている。

2. 研究の目的

前述のような背景において、本研究の目的は、世界中に点在する組込み機器(家電、自動車、オフィス機器)が独自に提供可能な処理能力と独自情報などの特徴的な資質を活かし、それぞれの機器の資源と情報を協調させて有効に利用するためのネットワーク

に関するプラットフォームを構築することである。

ネットワークに接続された機器同士を連携されるアーキテクチャとして、マイクロソフトのUPnPやSun MicrosystemsのJiniがあり、これらは、ホームネットワークを念頭にはおいているが基本はPCアーキテクチャをベースに、SOAPやRMIといった負荷の重い処理を採用している。これらの仕組みを用いた場合、必要なソフトウェアモジュールはインターネットなどからダウンロードできたとしても、サービスを呼び出す側にとっては、あらかじめ定義したメソッドしか呼び出すことができない。そのため、(現時点で予測できない)将来登場する機器(未定義機器)に対して、呼び出す側のソフトウェアをバージョンアップしないと対応不可能であるが、組込み機器においては、もともとメモリ制約の厳しいため、ソフトウェア機能追加は困難な問題となる。この状況を図2に示す。

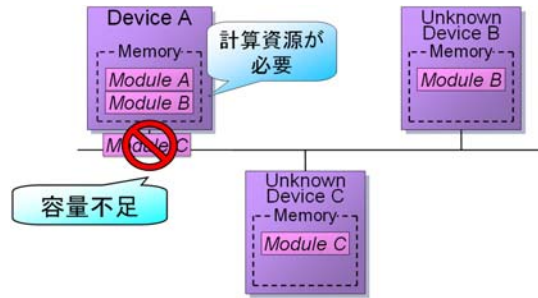


図2 従来手法により未定義機器への対応(ソフトウェアモジュールのロード)

一方、図3に示すように本研究では、HTTP上におけるリンク情報をベースに、REST(REpresentational State Transfer)アーキテクチャを採用し、非常にシンプルかつスケーラブルに機能利用を実現可能とする。

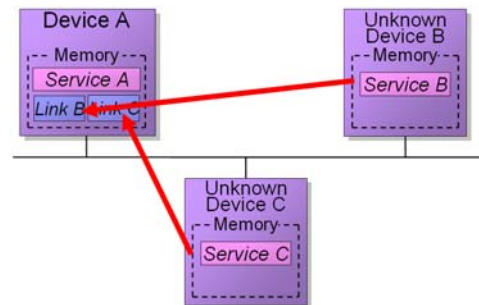


図3 本研究による未定義機器への対応(リンク情報を利用)

具体的には、新機能を持った機器がネットワークに接続された場合、その機能を操作するためのソフトウェア(デバイスドライバ)を操作する側に組み込むのではなく、そのソフトウェアへのリンク情報を登録する。これにより、非常に少ない資源で、ネットワークに接続された機器が利用可能となる。

UPnP や Jini の場合は、特定の企業が開発し、それをコンソーシアム形式で広めるという手法を用いているが、システムを構築する際に、多くのメーカー間と協調できる大学の立場を利用することで、開発したシステムを広く使って普及させることも目的の1つである。

3. 研究の方法

世界的にネットワーク接続された機器を検索するためには、家庭内あるいは車載ネットワークに接続されているローカルサービスゲートウェイを経由して、Web サービスによるコンピューティングプラットフォームを利用する。これにより、セキュリティ、認証を確保しつつ情報の送受信が可能となる。基本的に接続されているコンピュータは性能の違いはあるが機能的には均質である。本研究のテーマである機器が独自に提供可能な処理能力と独自情報などの特徴的な資質を検索するために、グローバルマネジメントサーバを設置する。図4に本研究におけるネットワークアーキテクチャを示す。

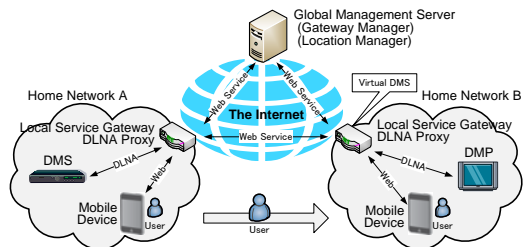


図4 本研究のネットワークアーキテクチャ

各ホームネットワークにローカルサービスゲートウェイを設置する。ローカルサービスゲートウェイが Digital Media Server (DMS), Digital Media Player (DMP)間でやりとりされるメッセージを中継することで、インターネットを介した DMS, DMP 間通信を実現する。また、ローカルサービスゲートウェイがアクセス制御や認証機構の機能を持つことで、許可したホームネットワークへのみコンテンツの公開を行うことが可能である。加えて、インターネット上にゲートウェイ管理サーバを設置する。ゲートウェイ管理サーバが、ローカルサービスゲートウェイ

の位置情報、DMS の位置情報、DMS とユーザの関連付け情報を管理することで、ローカルサービスゲートウェイがゲートウェイ管理サーバに問い合わせを行えば、DMS の所有者を判定することができる。情報の登録、変更、削除などは、HTTP による Web サービスを利用し、実際の機器同士の操作やデータのやり取りについては、REST に基づく通信を行う。図5にグローバルマネジメントサーバを利用したコンテンツ検索のシーケンスを示す。DMS と DMP がインターネット経由でメッセージをやりとりする場合、SOAP でカプセル化を行うことで、マルチキャストメッセージのインターネット経由伝送を実現している。

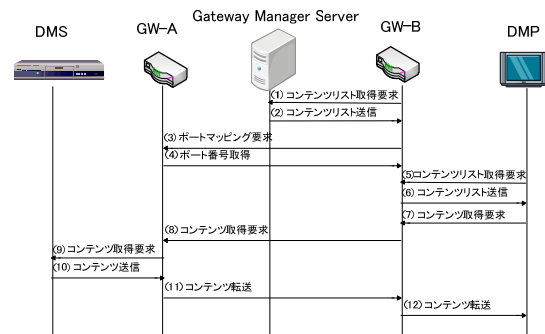


図5 コンテンツ検索メッセージシーケンス

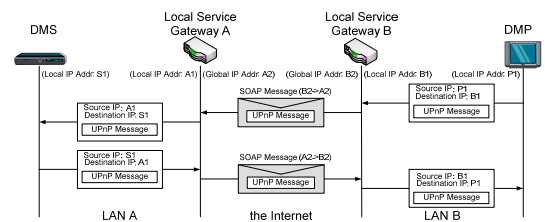


図5 メッセージのSOAPによるカプセル化

ホームネットワークの例を説明したが、車載ネットワークにおいても同様のアーキテクチャおよび実現手順を採る。

4. 研究成果

本研究におけるアーキテクチャに基づき、プロトタイプホームゲートウェイとゲートウェイ管理サーバの実装を行った。仮想DMSの生成時間が長い場合、ユーザにとって利用価値がなくなる可能性がある。また、コンテンツリストの取得やコンテンツの再生は、ローカルサービスゲートウェイを2度経由するため、コンテンツ再生時にストリーミングデータが途切れなく再生できるかを確認する必要がある。また、提案システムでのコンテンツリスト取得時間とコンテンツ再生開始時間において、ローカルネットワー

ク内で通信した場合との時間を比較した。仮想 DMS の生成時間は 150ms となった。よって、ユーザにとって実用上問題のない生成時間である。本ネットワークアーキテクチャにおけるコンテンツリストの取得時間は、ローカルネットワークの取得時間と比較して、190ms の遅延が計測された。また、コンテンツの再生開始時間に関しては、190ms の遅延が計測された。これらの値は実用上問題のなく、また、ストリーミングデータも途切れることなく再生できることを確認した。結果を表 1 に示す。

表 1 本研究システムの評価結果

評価項目	ローカルシステム	本研究システム
仮想 DMS	0ms	150ms
コンテンツリスト	400ms	590ms
コンテンツ再生	40ms	230ms

これらにより、構築したプラットフォームを利用した本研究システムにおいて、ネットワーク上のデータトラフィック、応答性、サービス利用ノードとサービス提供ノードの組込みシステムとしての妥当性の評価することができた。

自動車用途への応用として、本研究で検討してきたプロトコルおよびメッセージを国際標準化機構(ISO)へ提案し、ISO22920 Part4 および Part5 として国際標準を成立させることができた。また、この成果は世界中で走行する自動車から情報を共有できるネットワークシステムの実現に寄与するものとして高く評価され、2008 年度電気通信普及財団 第 24 回テレコムシステム技術賞を受賞した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 20 件)

- ① Kenya Sato, Takahiro Koita, and Scott McCormick, Design and Implementation of a Vehicle Interface Protocol using an IEEE 1394 Network, Journal of Systems Architecture, Vol.54, No.10, pp.901-910, 2008.
- ② 佐藤 健哉, 小坂 隆浩, スコット マコーミック, 高速シリアルバス技術を利用したビークルインタフェースプロトコルの提案, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3520-3530, 2008.

- ③ 加藤 隆志, 門脇 恒平, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, 車線・位置情報を利用した車々間通信ネットワーク構築手法の提案と評価, 自動車技術会論文集, Vol.40, No.2, pp.447-452, 2009.
- ④ Kohei Kadowaki, Hiroshi Hayakawa, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Design and Implementation of Adaptive Jini System to Support Undefined Services, Proceedings of the 6th Annual Communication Networks and Services Research Conference, pp. 577-583, 2008.
- ⑤ Takashi Kato, Kohei Kadowaki, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Routing and Address Assignment using Lane/Position Information in a Vehicular Ad-hoc Network, Proceedings of the 2008 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, pp.1600-1605, 2008.
- ⑥ Kohta Nakamura, Masahiro Ogawa, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Implementation and Evaluation of Caching Method to Increase the Speed of UPnP Gateway, Proceedings of the 2008 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, Vol.1, pp.112-118, 2008.
- ⑦ Ema Kawamoto, Kohei Kadowaki, Takahiro Koita and Kenya Sato, Content Sharing among UPnP Gateways on Unstructured P2P Overlay Networks Using Dynamic Overlay Topology Optimization, Proceedings of the 6th Annual IEEE Consumer Communications & Networking Conference, ISBN:978-1-4244-2309-5, W1-7-03, 2009.
- ⑧ Ryota Ayaki, Kohei Kadowaki, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Design and Implementation of Distributed Music Delivery System with Adaptive Jini, Proceedings of the 9th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems, pp.287-292, 2009.
- ⑨ Kohta Nakamura, Masahiro Ogawa, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Caching Method to Increase the Speed of UPnP Gateway, The Science and Engineering Review of Doshisha University, Vol. 49, No.2, pp.39-50,

- 2008.
- ⑩ 綾木 良太, 門脇 恒平, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, Javaバイトコード変換による組込み機器連携システムの提案, 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.4, pp.43-46, 2008.
- ⑪ 門脇 恒平, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, 非均質なネットワークにおける均質なWebコンテンツ提供方式の検討, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.396-402, 2008.
- ⑫ 川本 絵菜, 門脇 恒平, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, データ検索効率化のためのP2Pネットワークトポロジ変更方法の検討, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.416-423, 2008.
- ⑬ 石田 匠平, 門脇 恒平, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, セマンティックWeb技術を用いたJavaによる機器連携アーキテクチャの設計と実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.161-167, 2008.
- ⑭ Kenya Sato, Takahiro Koita, and Akira Fukuda, Broadcasted Location-Aware Data Cache for Vehicular Application, EURASIP Journal on Embedded Systems, Volume 2007, Article ID 29391, 11 pages, 2007.
- ⑮ Kenta Ueda, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Integrated Device Control System using Google Maps, Proceedings of the 4th International Conference on Cybernetics and Information Technologies, Systems and Applications, pp.132-136, 2007.
- ⑯ Youji Takayama, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Design of SIP Device Cooperation System on OSGi Service Platforms, Proceedings of SPIE, Vol.6794, pp.4N-1-5, 2007.
- ⑰ Masahiro Ogawa, Hiroshi Hayakawa, Takahiro Koita, and Kenya Sato, Transparent UPnP Interactions over Global Network, Proceedings of SPIE, Vol.6794, pp.4P-1-6, 2007.
- ⑱ 小川 将弘, 早川 裕志, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, グローバルネットワーク環境におけるUPnP機器連携の実現, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.125-133 2007.
- ⑲ 佐藤 健哉, 車載マルチメディアネットワーク -1394 プロトコルからシステムまで-, システム/制御/情報, Vol.51, No.9, pp.399-405, 2007.
- ⑳ 佐藤 健哉, 自動車マルチメディアインタフェース規格の国際標準化活動, 自動車技術, Vol.61, No.7, pp.112-113, 2007.
- [学会発表] (計20件)
- ① Kenya Sato, AMI-C/ISO Network Communication Model, Automotive Technology International, 2008.
- ② 佐藤 健哉, 車内および周辺状況データの統合化・抽象化に関する考察, 名古屋大学組込みシステム研究センターシンポジウム, 2008.
- ③ 佐藤 健哉, 車載マルチメディアネットワークの構成と設計, 第1回ものづくり基盤コンピューティングシステム研究会, 2008.
- ④ 松下 知明, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, 複数機器操作シナリオの共有を用いた機器連携システムの提案, 情報処理学会組込みシステム研究会研究報告 Vol.2008, No.116, pp.45-50, 2008.
- ⑤ 植田 健太, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, RESTアーキテクチャを用いた統合型機器連携手法の提案, 情報処理学会組込みシステム研究会研究報告 Vol.2008, No.116, pp.51-57, 2008.
- ⑥ 高山 洋史, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, 機器連携におけるネットワークミドルウェア統合システムの提案, 情報処理学会組込みシステム研究会研究報告 Vol.2008, No.116, pp.59-65, 2008.
- ⑦ 早川 裕志, 佐藤 健哉, 田頭 茂明, 中西 恒夫, 福田 晃, 一時的なサービス利用を考慮したUI配布型機器連携アーキテクチャの提案, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会研究報告, Vol.2009, No.17, pp.67-74, 2009.
- ⑧ 山田 真大, 鎌田 浩典, 佐藤 健哉, 手嶋 茂晴, 高田 広章, ストリームプロセッシングによる車載統合制御システムのための分散型センサデータ処理機構の構築, 情報処理学会高度交通システム研究会研究報告, Vol.2009, No.24, pp.79-85, 2009.
- ⑨ 岡部 朗, 門脇 恒平, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, 自発的に進化するバーチャルネットワーク環境の構築, 第7回情報科学技術

フォーラム講演論文集, Vol.2, pp.333-336, 2008.

- ⑩ 吉岡 俊秀, 門脇 恒平, 佐藤 健哉, 小坂 隆浩, Ivan Tanev, 下原勝憲, P2Pオーバレイネットワークを利用したUPnP/DLNA機器連携システムの提案, 情報処理学会第 71 会全国大会講演論文集, Vol.3, pp.231-232, 2009.
- ⑪ 出口 拓麻, 高木 厚伸, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, IEEE1394 ホームネットワークのIPにより統合管理手法, 平成 20 年度情報処理学会関西支部大会講演論文集, pp.23-26, 2008.
- ⑫ 加藤 隆志, 高木 厚伸, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, 車線・位置情報を利用した車々間通信向けアドホックネットワーク構築手法, 情処研報 Vol.2007, No.116, pp.107-114,2007.
- ⑬ 松下 知明, 植田 健太, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, GoogleMapsを利用したセンサ情報マッピングシステムの提案, 第 6 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.225-226,2007.
- ⑭ 中村 幸太, 小川 将弘, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, UPnPゲートウェイ高速化のためのキャッシュ方式, 第 6 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.237-238, 2007.
- ⑮ 岩崎 哲弥, 門脇 恒平, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, SIPを用いたVPN確立手法の提案, 第6回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.303-304, 2007.
- ⑯ 高山 洋史, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, OSGi Frameworkを用いたSIPデバイス連携システムの提案, 第 6 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.325-326, 2007.
- ⑰ 石田 匠平, 門脇 恒平, 早川 裕志, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, メタデータを利用したJava分散システムアーキテクチャの提案, 第 6 回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp.331-332, 2007.
- ⑱ 森田 剛光, 高山 洋史, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, OSGi Frameworkを用いたCANDLEデバイスサーバの設計と実装, 情報処理学会第 70 会全国大会講演論文集, Vol.3, pp.101-102, 2008.
- ⑲ 大原 伸喜, 高木 厚伸, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉, アドホックネットワークにおけるストリームデータ伝送方式の検討, 情報処理学会第 70 会全国大会講演論文集, Vol.3, pp.215-216, 2008.
- ⑳ 李 昂, 小川 将弘, 小坂 隆浩, 佐藤 健

哉, UPnPゲートウェイを使用したストリーミング転送方式の検討, 情報処理学会第 70 会全国大会講演論文集, Vol.3, pp.101-102, 2008.

〔図書〕(計 3 件)

- ① 佐藤 健哉 (分担執筆), 自動車用半導体・センサ技術大全: Automotive Devices Technology Outlook 2008.
- ② 佐藤 健哉 (分担執筆), カーエレクトロニクス技術全集 ISBN978-4-86104-176-1, 技術情報協会, 2007.
- ③ 佐藤 健哉 (分担執筆), SEC BOOKS プロセス改善ナビゲーションガイド ~ベストプラクティス編~, ISBN978-4-274-50175-3, 株式会社オーム社, 2008.

〔その他〕

- ① ISO 22902-4:2006, Road vehicles -- Automotive multimedia interface -- Part 4: Network protocol requirements for vehicle interface access, International Organization for Standardization.
- ② ISO 22902-5:2006, Road vehicles -- Automotive multimedia interface -- Part 5: Common message set, International Organization for Standardization.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 健哉 (SATO KENYA)
同志社大学・理工学部情報システムデザイン
学科・准教授
研究者番号: 20388044

(2) 研究分担者

小坂 隆浩 (KOITA TAKAHIRO)
同志社大学・理工学部情報システムデザイン
学科・専任講師
研究者番号: 60319580

(3) 連携研究者

以上